

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta strojní**

**Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení**

## **Měření charakteristik prvků na hydraulickém praktikátoru**

## **Measurement of Elements Characteristics Using the Hydraulic Practicator**

Student:

Martin Čumpl

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Dr. Ing. Lumír Hružík

Ostrava 2011

## Zadání bakalářské práce

Student:

**Martin Čumpl**

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

2302R007 Hydraulické a pneumatické stroje a zařízení

Téma:

Měření charakteristik prvků na hydraulickém praktikátoru  
Measurement of Elements Characteristics Using the Hydraulic  
Practicator

Zásady pro vypracování:

1. Popište hydraulický praktikátor firmy PARKER HANNIFIN v laboratoři katedry.
2. Sestavte metodiku pro měření statických charakteristik vybraných hydraulických prvků na praktikátoru.
3. Změřte statické charakteristiky vybraných hydraulických prvků na praktikátoru.
4. Zpracujte vzorový návod do cvičení pro měření statických charakteristik škrticího ventilu.

Seznam doporučené odborné literatury:

WILL, D.; GEBHARDT, N. *Hydraulik Grundlagen, Komponenten, Schaltungen*. 4. vyd. Berlin - Heidelberg - New York: Springer, 2008. 450 s. ISBN 978-3-540-79534-6.  
KOPÁČEK, J. *Technická diagnostika hydraulických mechanismů*. Praha: SNTL, 1990. 159 s. ISBN 80-03-00308-3.  
PAVLOK, B. *Hydraulické prvky a systémy. Díl 2*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008. 150 s. ISBN 978-80-248-1827-6.  
HRUŽÍK, L. *Inovace laboratorních úloh předmětu Tekutinové mechanismy. Závěrečná zpráva o řešení projektu č. 1724/2009*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2010. 19 s.  
PARKER HANNIFIN CORPORATION. *Základy hydrauliky. Manuál ke standu Parker*. 2. české vydání. Bulletin 0249-CZ-2, 2009. 45 s.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Dr.Ing. Lumír Hružík**

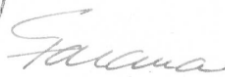
Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011



prof. RNDr. Milada Kozubková, CSc.  
vedoucí katedry





prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

**Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....19.5.2011.....



.....

podpis studenta

### Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́доміі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen, VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě de mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́доміі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 19.5.2011.....



podpis

Jméno a příjmení autora práce: Martin Čumpl

Adresa trvalého pobytu autora práce: Stonařov 254, Stonařov 58833

## **Anotace**

ČUMPL, M. *Měření charakteristik prvků na hydraulickém praktikátoru: bakalářské práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení, 2011, 41 s. Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. Lumír Hružík

Práce se zabývá proměřením statických charakteristik hydraulických prvků umístěných na praktikátoru od firmy Parker Hannifin. Jsou proměřeny statické charakteristiky škrticího ventilu tlakově závislého, dvoucestné tlakové váhy a dvou šoupátkových rozváděčů. Práce také může sloužit jako studijní pomůcka pro předměty Tekutinové mechanismy, Technická diagnostika a spolehlivost hydraulických mechanismů a Mazací technika.

## **Annotation**

ČUMPL, M. *Measurement of Elements Characteristics Using the Hydraulic Practicator: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, faculty of Mechanical Engineering, Department of Hydromechanics and Hydraulic Equipment, 2011, 41 s. Thesis head: doc. Dr. Ing. Lumír Hružík

The work deals with measuring of the static characteristics of hydraulic components located on the Parker Hannifin practicator. There are measured the static characteristics of the throttle pressure-dependent valve, two-way pressure balance valve and two slide cabinets. The work can also serve as a study aid for Fluid power courses, Technical diagnostics and reliability of hydraulic mechanisms and Lubricating technology.

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat všem, kteří mi jakkoliv pomohli při tvorbě této bakalářské práce.

Zvláštní poděkování pak patří vedoucímu mé bakalářské práce panu doc. Dr. Ing. Lumírovi Hružíkovi za podporu a odbornou pomoc při tvorbě této bakalářské práce.

## Obsah

Úvod .....	9
Cíl práce .....	10
1. <b>Hydraulický praktikátor Stand Parker Hannifin .....</b>	<b>11</b>
2. <b>Měření <math>\Delta p - Q</math> charakteristiky škrticího ventilu s dvoucestnou tlakovou</b> <b>váhou .....</b>	<b>14</b>
2.1        Zadání .....	14
2.2        Schéma měření škrticího ventilu s dvoucestnou tlakovou váhou .....	14
2.3        Specifikace prvků .....	15
2.4        Postup měření .....	15
2.5        Zpracování naměřených hodnot .....	16
2.6        Výpočet objemového průtoku .....	16
2.7        Tabulky .....	16
2.8        Průtokové charakteristiky $Q = f(\Delta p)$ škrticího ventilu s dvoucestnou	
tlakovou váhou .....	17
2.9        Závěr .....	17
3. <b>Měření <math>\Delta p - Q</math> charakteristiky tlakově závislého škrticího ventilu .....</b>	<b>18</b>
3.1.        Zadání .....	18
3.2.        Postup měření .....	18
3.3.        Specifikace prvků .....	18
3.4.        Schéma měření tlakově závislého škrticího ventilu .....	19
3.5.        Tabulka pro škrticí ventil .....	20
3.6.        Průtoková charakteristika $Q = f(\Delta p)$ škrticího ventilu tlakově závislého ..	21
3.7.        Závěr .....	21
4. <b>Tlakové ztráty na šoupátkovém rozváděči čtyřcestném, třípolohovém</b> <b>s otevřeným středem .....</b>	<b>22</b>
4.1        Zadání .....	22
4.2        Schéma .....	22
4.3        Specifikace prvků .....	23
4.4        Popis měření .....	24
4.5        Viskózní křivka pracovní kapaliny – minerálního oleje .....	24
4.6        Tabulka .....	25
4.7        Příklad výpočtu .....	25
4.8        Grafy .....	26
4.9        Závěr .....	26

<b>5.</b>	<b>Tlakové ztráty na šoupátkovém rozváděči čtyřcestném, třípolohovém s uzavřeným středem.....</b>	<b>27</b>
5.1	Zadání .....	27
5.2	Schéma obvodu .....	27
5.3	Specifikace prvků .....	28
5.4	Naměřené hodnoty .....	29
5.5	Grafy .....	30
5.6	Závěr .....	31
<b>6.</b>	<b>Návod do cvičení pro měření statických charakteristik škrticího ventilu s dvoucestnou tlakovou vahou. ....</b>	<b>32</b>
6.1	Zadání .....	32
6.2	Popis funkce obvodu .....	32
6.3	Specifikace prvků .....	32
6.4	Schéma měření škrticího ventilu s dvoucestnou tlakovou vahou .....	33
6.5	Postup měření .....	33
6.6	Zpracování naměřených hodnot .....	34
6.7	Výpočet objemového průtoku .....	34
6.8	Tabulka pro otevření 6 dílků .....	35
6.9	Příklad výpočtu pro měření 3. ....	35
6.10	Tabulka naměřených a vypočtených hodnot pro otevření .....	35
6.11	Průtokové charakteristiky $Q = f(\Delta p)$ škrticího ventilu s dvoucestnou tlakovou vahou .....	36
6.12	Závěr .....	36
<b>7.</b>	<b>Návod do cvičení pro měření statických charakteristik tlakově závislého škrticího ventilu.....</b>	<b>37</b>
7.1	Zadání .....	37
7.2	Popis funkce obvodu.....	37
7.3	Specifikace prvků.....	37
7.4	Schéma měření tlakově závislého škrticího ventilu .....	38
7.5	Postup měření .....	39
7.6	Zpracování naměřených hodnot.....	39
7.7	Výpočet objemového průtoku.....	39
7.8	Tabulka pro škrtící ventil .....	40
7.9	Příklad výpočtu pro měření č. 3.....	40
7.10	Průtoková charakteristika $Q = f(\Delta p)$ škrticího ventilu tlakově závislého .	41
7.11	Závěr .....	41
<b>Závěr</b>	<b>.....</b>	<b>42</b>



## ***Seznam použitých označení, veličin a jednotek***

<b>Značka</b>	<b>Název veličiny</b>	<b>Rozměr</b>
$p_1$	tlak na manometru 1	MPa
$p_2$	tlak na manometru 2	MPa
$p_3$	tlak na manometru 3	MPa
$\Delta p$	tlakový spád	MPa
$n$	otáčky	$\text{min}^{-1}$
$Q$	průtok	$\text{dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$
$V_m$	geometrický objem hydromotoru	$\text{dm}^3$
$V_g$	geometrický objem hydrogenerátoru	$\text{dm}^3$
$t$	teplota	$^{\circ}\text{C}$
$\eta$	dynamická viskozita	$\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

## **Úvod**

Práce se zabývá proměřením statických charakteristik hydraulických prvků. V laboratoři na praktikátoru byly sestaveny obvody s hydraulickými prvky, které byly měřeny. Hydraulický praktikátor Parker Hannifin je učební pomůcka, pomocí něž se přechází z tištěných materiálů na dynamický praktický přístup. V práci jsou uvedeny schémata měřených obvodů, výpočty, tabulky a grafy. Dále v práci lze najít schéma hydraulického praktikátoru a specifikaci prvků na něm použité. Byly proměřeny 4 úlohy.

Práce může sloužit jako pomůcka pro předměty zabývající se tekutinovými mechanismy, pro přípravu na laboratorní měření i během měření a pro vypracování zprávy o měření. Práce také může sloužit jako studijní pomůcka pro předměty Tekutinové mechanismy, Technická diagnostika a spolehlivost hydraulických mechanismů a Mazací technika. V jednotlivých úlohách jsou zahrnuty zadání a popis měření, popis funkce měřeného prvku, schéma daného obvodu, naměřené hodnoty a grafy a popsán cíl měření.

V první úloze je popsáno statické měření statických charakteristik škrticího ventilu s dvoucestnou tlakovou vahou. Jsou uvedeny přehledné tabulky naměřených dat. Charakteristiky jsou zobrazeny ve formě grafu. Poté jsem na místo škrticího ventilu s dvoucestnou tlakovou vahou zapojil škrticí ventil tlakově závislý. V další úloze je popsáno měření tlakové ztráty na rozváděči čtyřcestném, třípolohovém ovládaného ručně s otevřeným středem. V této úloze je i zahrnuto určení viskozity pomocí viskózní křivky. Na závěr měření je popsáno měření tlakové ztráty na rozváděči čtyřcestném, třípolohovém ovládaného elektromagneticky s uzavřeným středem.

## **Cíl práce**

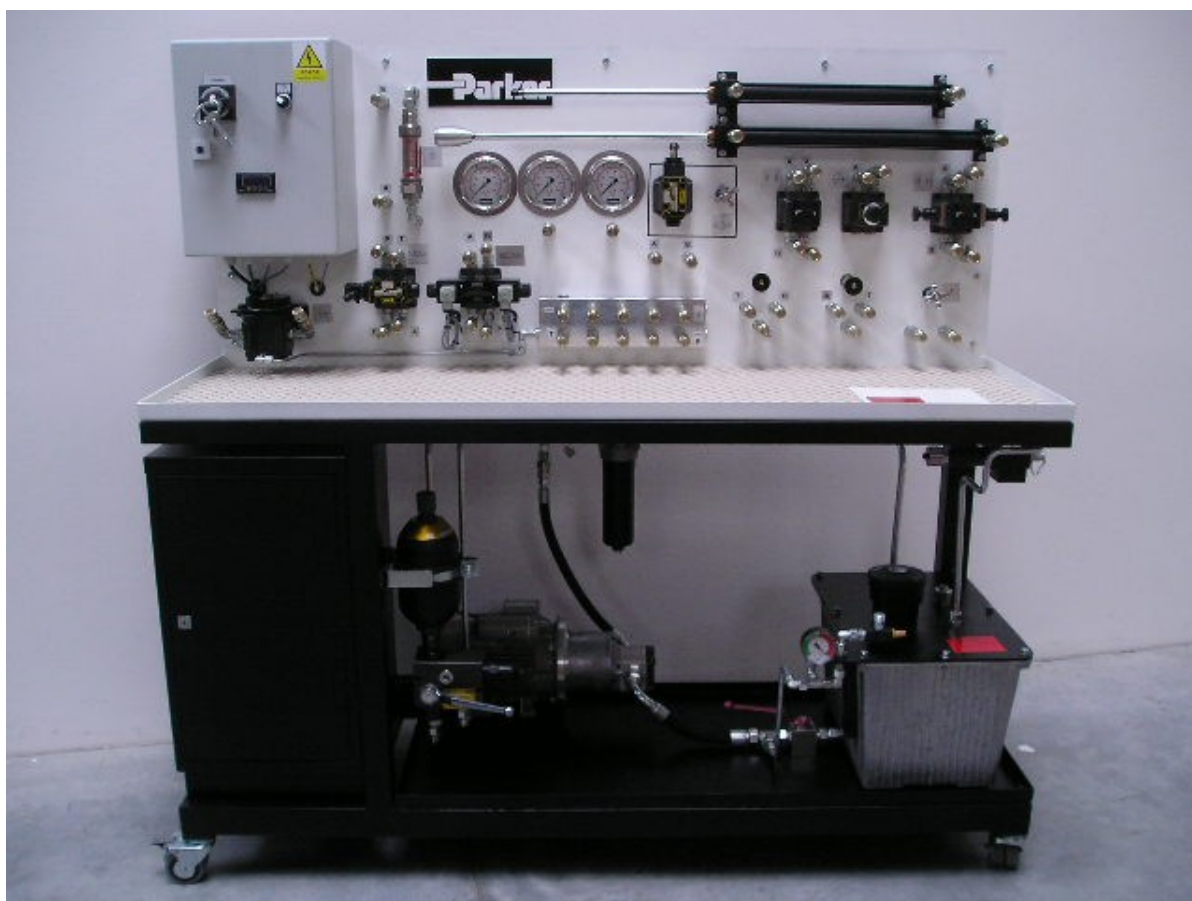
Cílem bakalářské práce je proměřit statické charakteristiky vybraných hydraulických prvků na praktikátoru od firmy Parker Hannifin.

## **1. Hydraulický praktikátor Stand Parker Hannifin**

Hydraulický praktikátor umožňuje sestavit hydraulické obvody a následně procvičovat jednotlivé úlohy. Praktikátor se skládá ze sady moderních hydraulických prvků, sady šroubení, hadic, potrubí a rychlospojek, rámu s vybavením, elektro rozváděče a akumulátorového pohonu. Hydraulické prvky jsou upevněny na panelu. Pomocí hadic s bezúkapovými rychlospojkami jsou podle tištěného manuálu propojovány jednotlivé hydraulické prvky a je sestaven příslušný hydraulický obvod.

Praktikátor umožňuje zapojení různých hydraulických obvodů jako jsou například: standardní okruh, kavitace, zavlečený vzduch a zavzdušnění, max. tlak pro pojistný ventil, průtok čerpadla, tlumení válce, nastavování průtoku pomocí ovládacího ventilu, test těsnosti válce, synchronizace, ovládání rychlosti na vstupu a vývodu, ovládání rychlosti na výstupu pomocí regulátoru průtoku s kompenzací tlaku, nárůst tlaku při uzavřeném středu, okruh s více rychlostmi, nastavení redukčního ventilu, nastavení sekvenčního ventilu aj. [7]

Foto praktikátoru od firmy Parker se nachází na obr. 1 a obr. 2

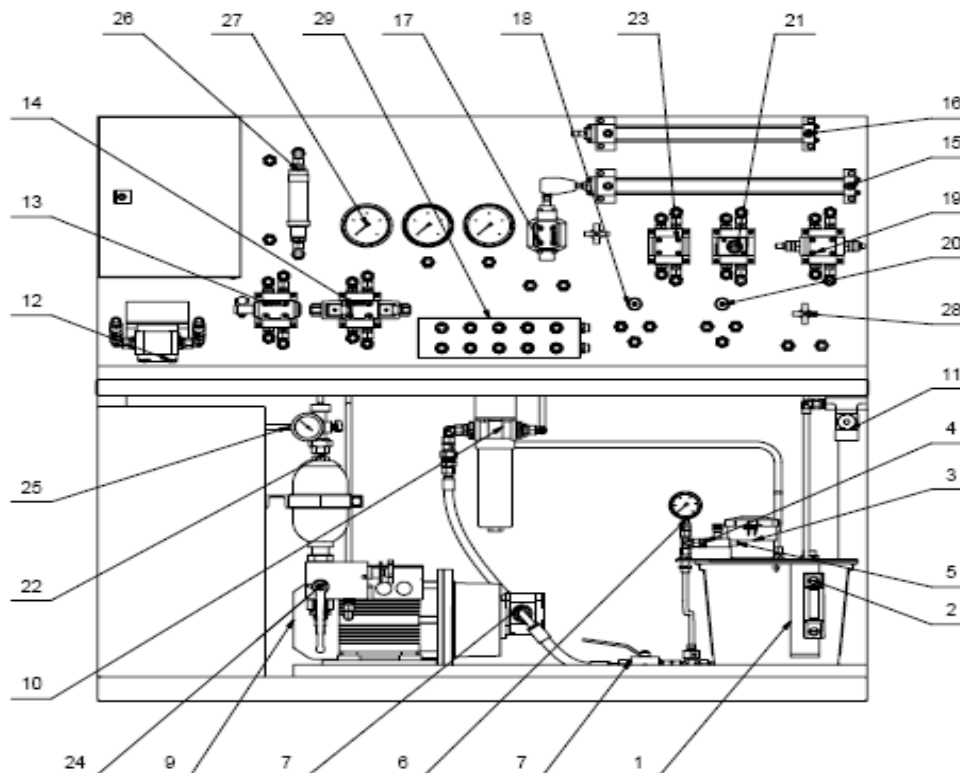


*Obr. 1 Foto praktikátoru*



*Obr. 2 Foto praktikátoru, spodní část*

Schéma praktikátoru od firmy Parker je na obr. 3



*Obr. 3 Schéma praktikátoru*

## Specifikace hydraulických prvků na praktikátoru [7]

pozice	Název	Typ
1	Nádrž	3P-BAL0005
2	Stavoznak s teploměrem	FL6922
3	Vzduchový filtr	EAB10PO20HC7
4	Škrticí ventil	9N400S
5	Vzduchový tlumič	P6M-BAA2
6	Vakuometr	P6G-FRA1V10
7	Kulový ventil	KH18LCFX
8	Zubové čerpadlo 8 cm <sup>3</sup> /ot	PGP511A0080AA1H2NE5EB1B1
9	Elektromotor 1.5kW, 220 V	Siemens 1LF 7096-4AB10-Z
10	Filtr	15CN210QEV MKG124
11	Tlakový ventil	RDM2PT06KGV
12	Zubový motor	PGM511A0100BL6H2NE3E3B1B1N2
13	Rozváděč ruční	D1VD1BN
14	Rozváděč elektromagnetický	D1VW001CNTW
15	Hydraulický válec	32CCHMIRL14MCx450.000M11
16	Hydraulický válec	32CCHMIRL14MCx364.000M11
17	Rozváděč s mech. ovládáním	D1VL020HN4J
18	Sekvenční ventil	SVH101S10
19	Jednosměrný škrticí ventil	FM2DDKV
20	Redukční ventil	PR103S06
21	Škrticí ventil se stab.tlak.spádu	GFG2PK18-10
22	Akumulátor	BAE01B3R1C1
23	Zpětný ventil	CM2DDV
24	Akumulátorový blok	SBA20MT1-070
25	Plnicí ventil akumulátoru	UCA01
26	Průtokoměr	FM26222212
27	Manometr	PGF.1001.100
28	Škrticí ventil jehlový	9MV400SV
29	Blok	3P-BLOK VD-3-2220.01

Tab. 1 Specifikace prvků

## Určení geometrického objemu

Z katalogových listů od firmy Parker, jsem určil geometrický objem Hydromotoru PGM511A0100BL6H2NE3E3B1B1N2. [15]

$$V_m = 10 \text{ cm}^3 = 0,01 \text{ dm}^3$$

## 2. Měření $Q - \Delta p$ charakteristiky škrticího ventilu s dvoucestnou tlakovou váhou

Škrticí ventil slouží k řízení rychlosti u přímočarých hydromotorů pohybu pístnice a u rotačních hydromotorů k řízení otáček. Pracuje na principu změny průtočného průřezu mezi sedlem ventilu a tzv. jehlou (kuželkou). Uzavírání má za následek snižování průtoku a tím i rychlosti pohybu hydromotoru až do úplného zastavení při sériovém zapojení škrticího ventilu.[9]

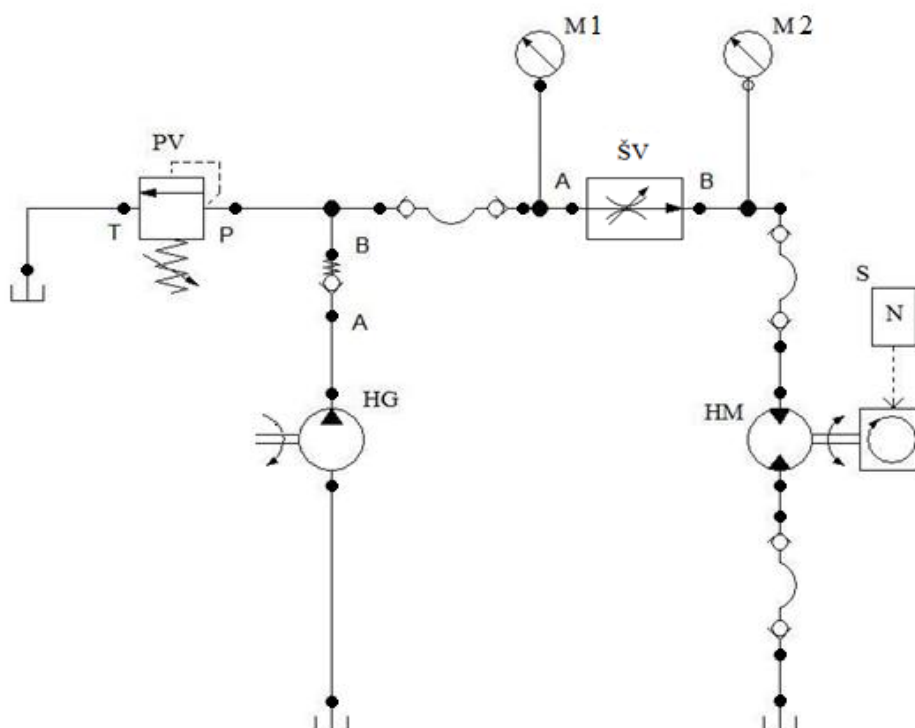
V měření jsou proměřeny průtokové charakteristiky  $Q = f(\Delta p)$  což je závislost průtoku  $Q$ , který prochází škrticím ventilem, na tlakovém spádu na škrticím ventilu  $\Delta p$

### 2.1 Zadání

Změřte průtokové charakteristiky  $Q = f(\Delta p)$  škrticího ventilu s dvoucestnou tlakovou váhou. Měření proveďte pro tři nastavení ventilu (2, 4 a 6 dílků, z celkových 10-ti dílků).

### 2.2 Schéma měření škrticího ventilu s dvoucestnou tlakovou váhou

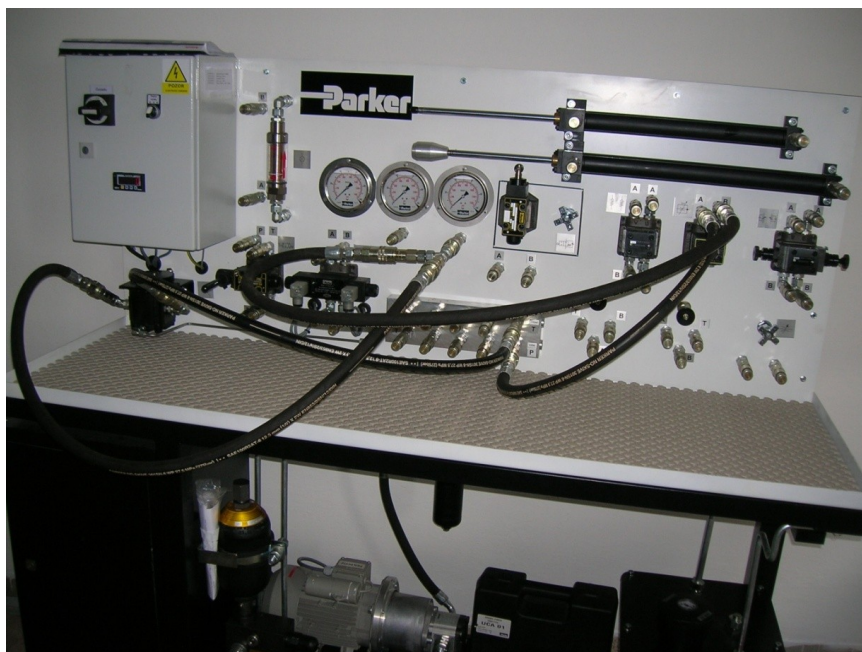
Schéma zapojení obvodu pro měření tlakových ztrát škrticího ventilu s dvoucestnou tlakovou vahou je znázorněno na obr. 1.1



Obr. 1. 1 Schéma škrticího ventilu s dvoucestnou tlakovou vahou



Foto zapojení škrticího ventilu s dvoucestnou tlakovou vahou na praktikátoru je znázorněno na obr. 1.2



*Obr. 1. 2 Zapojení škrticího ventilu s dvoucestnou tlakovou vahou*

### **2.3 Specifikace prvků**

HG – hydrogenerátor PGP511A0080AA1H2NE5EB1B1

PV – pojistný ventil RDM2PT06KGV

M1, M2 – manometr PGF.1001.100

ŠV – škrticí ventil se stabilizací tlakového spádu GFG2PK18-10

HM – hydromotor PGM511A0100BL6H2NE3E3B1B1N2

S – snímač otáček

### **2.4 Postup měření**

- 1) Byl zapojen obvod dle schématu, pojistný ventil PV byl nastaven na minimum, na škrticím ventilu ŠV byly nastaveny 2 dílky (celkový počet dílků je 10) a byl zapnut hydrogenerátor HG.
- 2) Z manometrů M1 a M2 byly odečteny tlaky a z displeje ovládací skříně byly odečteny otáčky n nezátíženého hydromotoru HM. Hodnoty byly zapsány do tabulky.
- 3) Pomocí pojistného ventilu PV byl nastaven vyšší tlak (krok volíme po 2 barech) a pro každou hodnotu tlaku byly zjištěny tlaky a otáčky.
- 4) Měření se opakovalo stejně pro další dvě nastavení ventilu (4 a 6 dílků).

## 2.5 Zpracování naměřených hodnot

Aby bylo možné sestavit  $\Delta p$ -Q charakteristiku je nutné znát tlakový spád na škrticím ventilu. Ten získáme odečtení hodnoty tlaku na manometru M1 od hodnoty tlaku na manometru M2. Dále je nutné znát průtok, ten byl vypočten pomocí vzorce:

$$Q = V_g \cdot n \text{ [dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}\text{]}, \text{ kde } V_g = 10 \text{ cm}^3, \text{ otáčky byly odečteny z měření.}$$

(Pozn. Průtoková účinnost nezatíženého hydromotoru je přibližně rovna 1).

## 2.6 Výpočet objemového průtoku

$$V_g = 10 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3$$

$$Q = V_g \cdot n = 10 \cdot 10^{-3} = 0,82 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$$

## 2.7 Tabulky

Tabulka pro 2 dílky

$\Delta p$	n	Q
[MPa]	[min <sup>-1</sup> ]	[dm <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> ]
0,6	82	0,82
0,8	101	1,01
1	105	1,05
1,2	106	1,06
1,4	106	1,06
1,6	106	1,06
1,8	106	1,06
2	106	1,06
2,2	107	1,07
2,4	106	1,06

Tabulka pro 4 dílky

$\Delta p$	n	Q
[MPa]	[min <sup>-1</sup> ]	[dm <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> ]
0,55	219	2,19
0,8	303	3,03
1	348	3,48
1,2	367	3,67
1,4	372	3,72
1,6	374	3,74
1,8	372	3,72
2	376	3,76
2,2	375	3,75
2,4	375	3,75

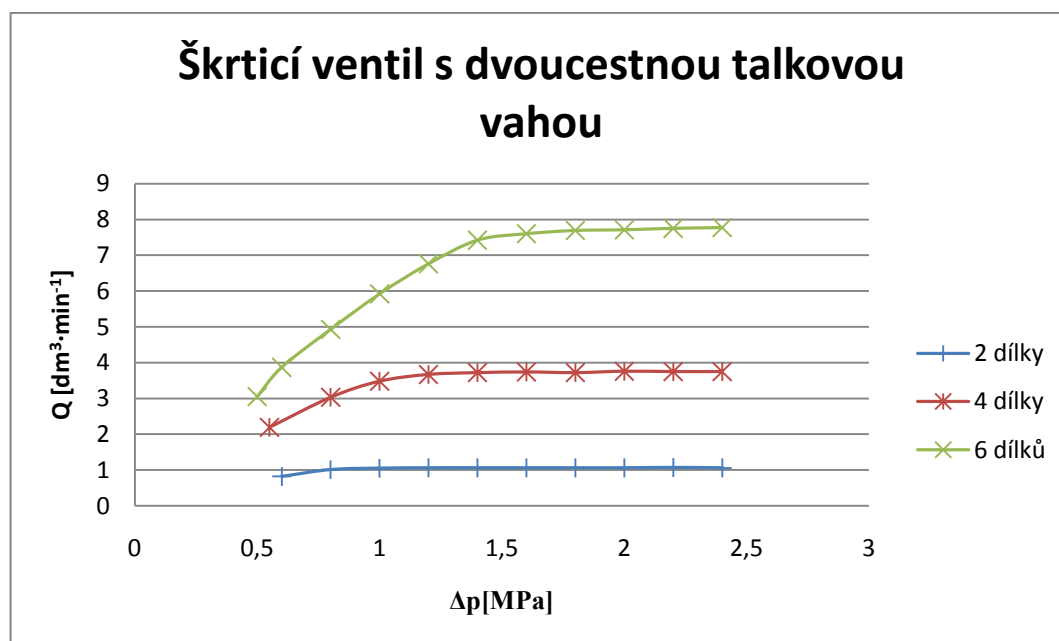


Tabulka pro 6 dílků

$\Delta p$	n	Q
[MPa]	[min <sup>-1</sup> ]	[dm <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> ]
0,5	305	3,05
0,6	387	3,87
0,8	493	4,93
1	592	5,92
1,2	676	6,76
1,4	742	7,42
1,6	760	7,6
1,8	769	7,69
2	771	7,71
2,2	775	7,75
2,4	777	7,77

Tab. 1. 1

## 2.8 Průtokové charakteristiky $Q = f(\Delta p)$ škrticího ventilu s dvoucestnou tlakovou vahou



Obr. 1.3 Škrticí ventil s dvoucestnou tlakovou vahou

Teplota pracovní kapaliny:  $t = 26^\circ\text{C}$

## 2.9 Závěr

Byly provedeny výpočty a zpracovány grafy z měření  $Q - \Delta p$  charakteristiky. Z grafu lze vidět, že při měření škrticího ventilu s dvoucestnou tlakovou vahou nezávisí průtok na tlakovém spádu. Pracovní oblast je omezena hodnotou tlakového spádu  $\Delta p = 1,5 \text{ MPa}$ . Ustálená hodnota závisí na nastavení počtu dílků na škrticím ventilu.

### **3. Měření $\Delta p - Q$ charakteristiky tlakově závislého škrticího ventilu**

Škrticí ventil slouží k řízení rychlosti u přímočarých hydromotorů pohybu pístnice a u rotačních hydromotorů k řízení otáček. Pracuje na principu změny průtočného průřezu mezi sedlem ventilu a tzv. jehlou (kuželkou). Uzavírání má za následek snižování průtoku a tím i rychlosti pohybu hydromotoru až do úplného zastavení při sériovém zapojení škrticího ventilu.[9]

V měření jsou proměřeny průtokové charakteristiky  $Q = f(\Delta p)$  což je závislost průtoku  $Q$ , který prochází škrticím ventilem, na tlakovém spádu na škrticím ventilu  $\Delta p$

#### **3.1. Zadání**

Změřte průtokové charakteristiky  $Q = f(\Delta p)$  tlakově závislého škrticího ventilu. Proved'te měření charakteristiky pro ventil nastavený na 3 různé druhy škrcení.

#### **3.2. Postup měření**

- 1) Byl zapojen obvod dle schématu, pojistný ventil PV byl nastaven na minimum, na škrticím ventilu ŠV bylo nastaveno škrcení.
- 2) Z manometrů M1 a M2 byly odečteny tlaky a z displeje ovládací skříně byly odečteny otáčky  $n$  nezatíženého hydromotoru HM. Hodnoty byly zapsány do tabulky (Tab. 1.2).
- 3) Pomocí pojistného ventilu PV byl nastaven vyšší tlak (krok volíme po 2 barech) a pro každou hodnotu tlaku byly zjištěny otáčky.
- 4) Měření se opakovalo stejně pro další dvě nastavení ventilu.

#### **3.3. Specifikace prvků**

HG – hydrogenerátor PGP511A0080AA1H2NE5EB1B1

PV – pojistný ventil RDM2PT06KGV

M1, M2 – manometr PGF.1001.100

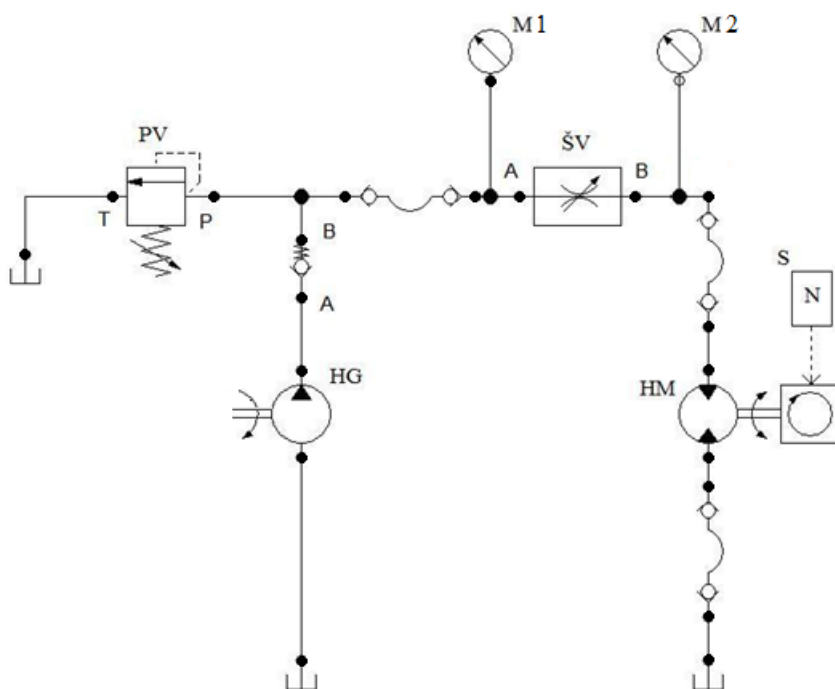
ŠV – škrticí ventil tlakově závislý 9MV400SV

HM – hydromotor PGM511A0100BL6H2NE3E3B1B1N2

S – snímač otáček

### 3.4. Schéma měření tlakově závislého škrticího ventilu

Schéma zapojení obvodu pro měření tlakových ztrát tlakově závislého škrticího ventilu je znázorněno na obr. 2.1



Obr. 2. 1 Schéma tlakově závislého škrticího ventilu

Foto zapojení tlakově závislého škrticího ventilu je znázorněno na obr. 2.2



Obr. 2. 2 Zapojení tlakově závislého škrticího ventilu

### 3.5. Tabulka pro škrticí ventil

3 druhy nastavení škrticího průřezu:

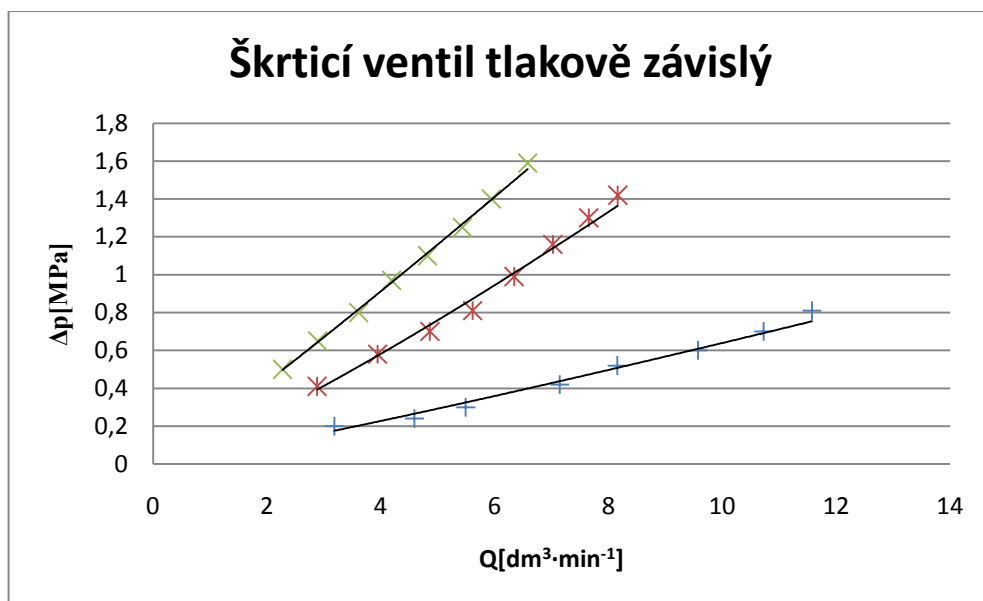
$p_1$	$p_2$	$\Delta p$	$n$	$Q$
[MPa]	[MPa]	[MPa]	[min <sup>-1</sup> ]	[dm <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> ]
0,6	0,4	0,2	318	3,18
0,8	0,56	0,24	459	4,59
1	0,7	0,3	549	5,49
1,2	0,78	0,42	714	7,14
1,4	0,88	0,52	815	8,15
1,6	1	0,6	957	9,57
1,8	1,1	0,7	1072	10,72
2	1,19	0,81	1157	11,57

$p_1$	$p_2$	$\Delta p$	$n$	$Q$
[MPa]	[MPa]	[MPa]	[min <sup>-1</sup> ]	[dm <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> ]
0,8	0,39	0,41	288	2,88
1	0,42	0,58	394	3,94
1,2	0,5	0,7	486	4,86
1,4	0,59	0,81	561	5,61
1,6	0,61	0,99	634	6,34
1,8	0,64	1,16	702	7,02
2	0,7	1,3	765	7,65
2,2	0,78	1,42	816	8,16

$p_1$	$p_2$	$\Delta p$	$n$	$Q$
[MPa]	[MPa]	[MPa]	[min <sup>-1</sup> ]	[dm <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> ]
0,8	0,3	0,5	227	2,27
1	0,35	0,65	289	2,89
1,2	0,4	0,8	361	3,61
1,4	0,43	0,97	419	4,19
1,6	0,5	1,1	482	4,82
1,8	0,55	1,25	543	5,43
2	0,6	1,4	594	5,94
2,2	0,61	1,59	658	6,58

Tab. 1. 2

### 3.6. Průtoková charakteristika $Q = f(\Delta p)$ škrticího ventilu tlakově závislého



Obr. 2.3 Škrticí ventil tlakově závislý

Teplota pracovní kapaliny:  $t=26^{\circ}\text{C}$

### 3.7. Závěr

Byly proměřeny průtokové charakteristiky tlakově závislého škrticího ventilu. Z obr. 2.3 lze vidět nárůst průtoku se zvětšujícím se tlakovým spádem při konstantním otevření ventilu. Závislost mezi průtokem a tlakovým spádem je nelineární (mocninná).

#### **4. Tlakové ztráty na šoupátkovém rozváděči čtyřcestném, třípolohovém s otevřeným středem**

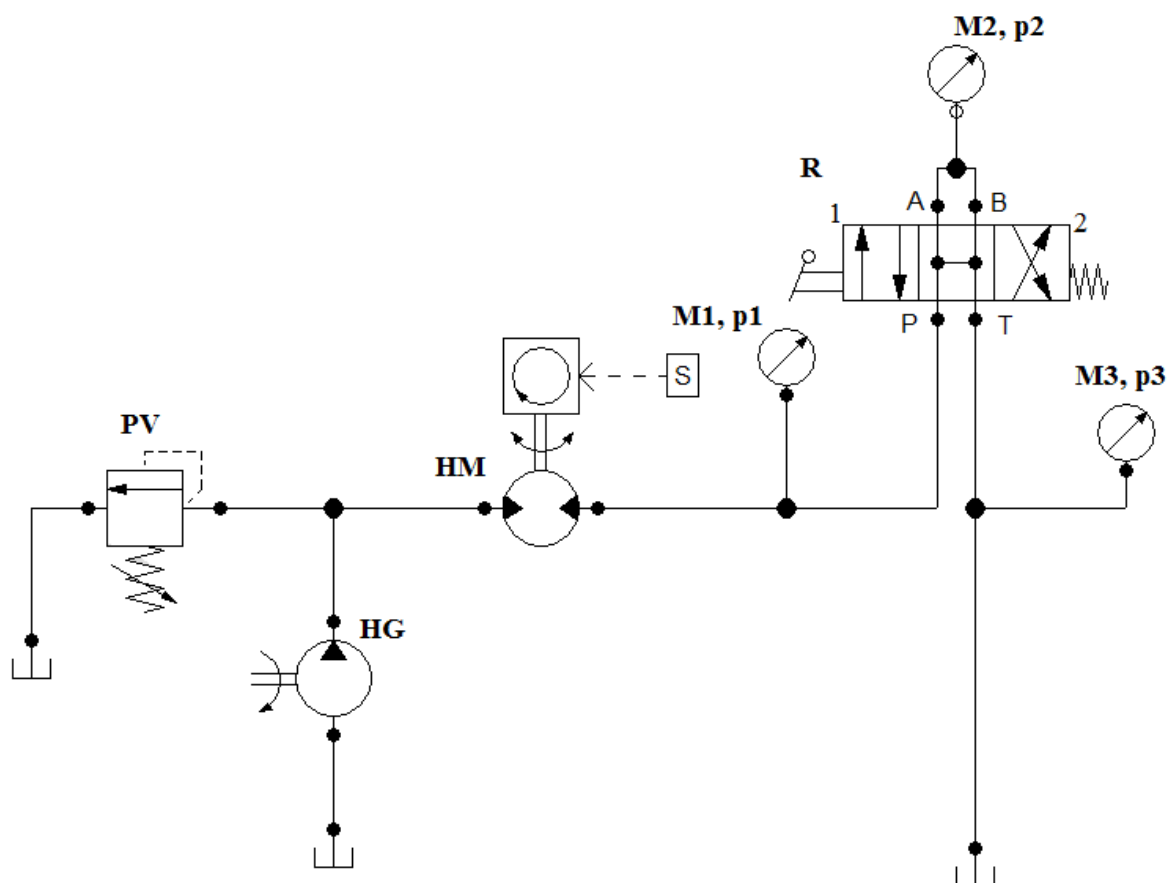
Rozváděče slouží k řízení směru pohybu přímočarého a rotačního hydromotoru, pro stupňovité řízení rychlosti aj. [1]

##### **4.1 Zadání**

Změřte  $\Delta p$  - Q charakteristiku rozváděče čtyřcestného, třípolohového ovládaného ručně s otevřeným středem.

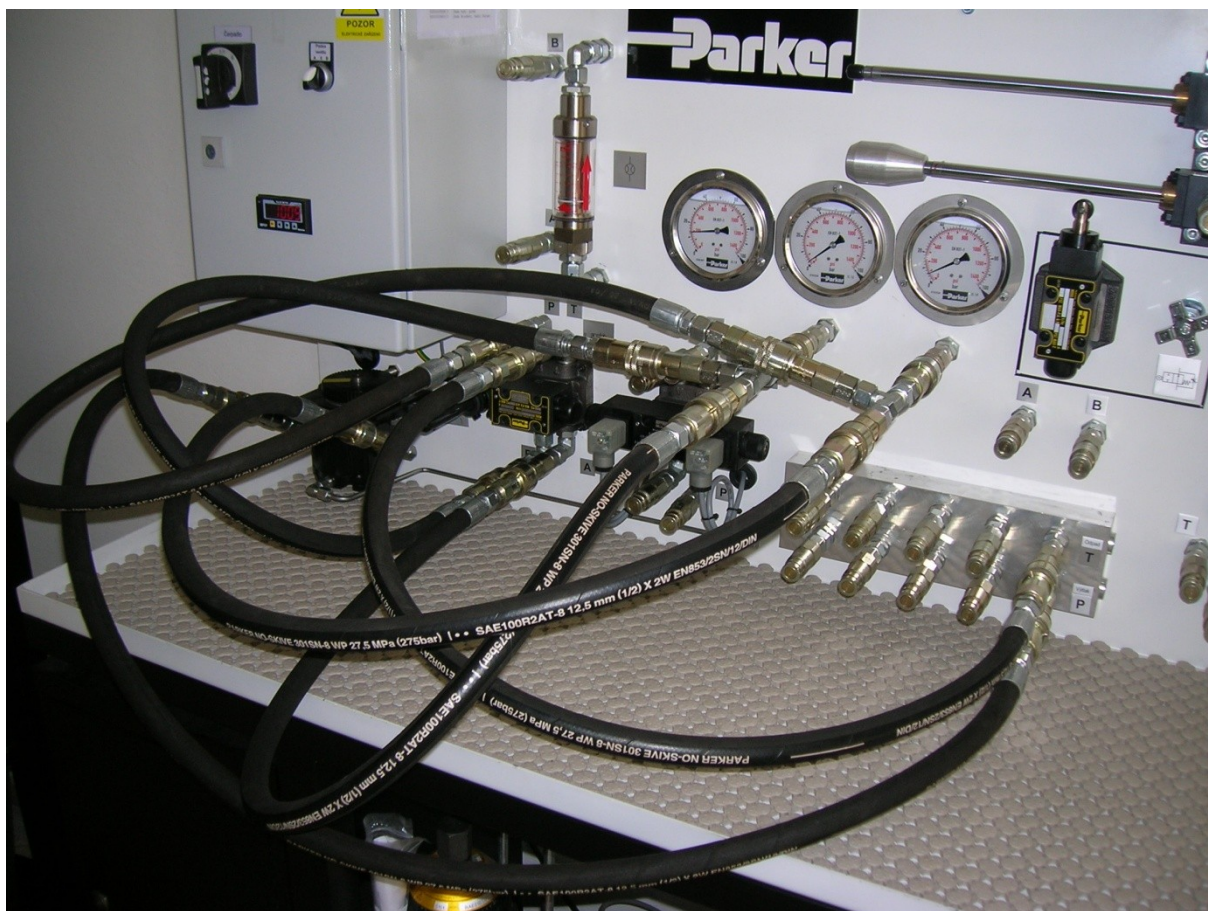
##### **4.2 Schéma**

Schéma zapojení obvodu pro měření tlakových ztrát šoupátkového rozváděče čtyřcestného, třípolohového s otevřeným středem je znázorněno na obr. 3.1



Obr. 3. 1 Schéma zapojení rozváděče s otevřeným středem

Foto zapojení rozváděče čtyřcestným, třípolohovým s otevřeným středem je znázorněn na obr. 3.2



*Obr. 3. 2 Zapojení rozváděče čtyřcestným, třípolohovým s otevřeným středem*

### **4.3 Specifikace prvků**

HG – Hydrogenerátor PGP511A0080AA1H2NE5EB1B1

M1, M2, M3 – Manometr PGF.1001.100

P – Průtokoměr FM26222212

R – Rozváděč ruční D1VD1BN

PV – Pojistný ventil RDM2PT06KGV

HM – Hydromotor PGM511A0100BL6H2NE3E3B1B1N2

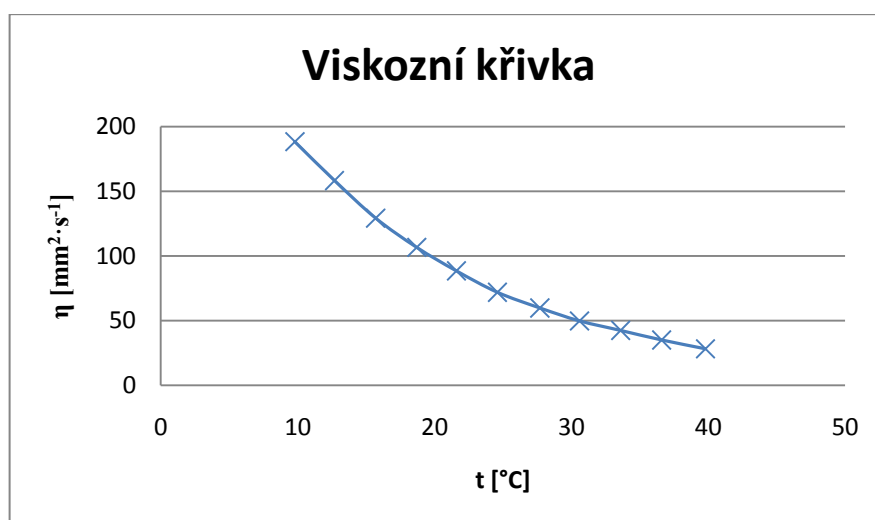
S – Snímač otáček

## 4.4 Popis měření

- 1) Byl zapojen obvod na praktikátoru od firmy Parker Hannifin podle schématu
- 2) Byl nastaven tlak v obvodu pro maximální hodnoty
- 3) Byly odečteny otáčky  $n$ , tlak na vstupu  $p_1$ , tlak za rozváděčem  $p_2$  a tlak v odpadním potrubí  $p_3$  pro polohu rozváděče 1.
- 4) Snižovaly se otáčky podle vstupního tlaku a odečítaly se hodnoty tlaků a otáček (viz. Tab. 2.1, Tab. 2.2)
- 5) Poté byly stejným způsobem změřeny tlakové ztráty pro polohu rozváděče 2
- 6) Byly vypočteny tlakové spády  $\Delta p_{P-A}$ ,  $\Delta p_{B-T}$ ,  $\Delta p_{P-B}$  a  $\Delta p_{A-T}$  a sestrojen graf  $\Delta p=f(Q)$

## 4.5 Viskózní křivka pracovní kapaliny – minerálního oleje

Graf:



Obr 3.3 Viskózní křivka

Z grafu lze odečíst viskozitu oleje při měření. Teplota při měření byla  $26 \text{ }^\circ\text{C}$ , které odpovídá viskozita  $64 \text{ mm}^2\cdot\text{s}^{-1}$ . (Viskozitní křivka byla převzata z bakalářské práce pana Ondřeje Tošenovského).

### Závěr

Z mezních hodnot viskozit podle ISO 3448 můžeme určit, že se jedná o olej o viskozitě ISO VG 32.



## 4.6 Tabulka

Vstupy:P-A,B-T

n	p <sub>1</sub>	p <sub>2</sub>	p <sub>3</sub>	Q	Δp <sub>P-A</sub>	Δp <sub>B-T</sub>
[min <sup>-1</sup> ]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[dm <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> ]	[MPa]	[MPa]
311	0,2	0,06	0,02	3,11	0,14	0,04
400	0,3	0,1	0,04	4	0,2	0,06
500	0,39	0,15	0,08	5	0,24	0,07
600	0,5	0,2	0,1	6	0,3	0,1
700	0,56	0,24	0,14	7	0,32	0,1
800	0,65	0,3	0,18	8	0,35	0,12
900	0,79	0,38	0,2	9	0,41	0,18
1000	0,89	0,41	0,21	10	0,48	0,2
1100	1,01	0,49	0,22	11	0,52	0,27

Tab. 3. 1

Vstupy:P-B,A-T

n	p <sub>1</sub>	p <sub>2</sub>	p <sub>3</sub>	Q	Δp <sub>P-A</sub>	Δp <sub>B-T</sub>
[min <sup>-1</sup> ]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[dm <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> ]	[MPa]	[MPa]
305	0,1	0,05	0,04	3,05	0,05	0,01
400	0,23	0,09	0,06	4	0,14	0,03
500	0,33	0,12	0,07	5	0,21	0,05
600	0,43	0,18	0,1	6	0,25	0,08
700	0,55	0,22	0,12	7	0,33	0,1
800	0,64	0,27	0,15	8	0,37	0,12
900	0,77	0,33	0,19	9	0,44	0,14
1000	0,85	0,39	0,2	10	0,46	0,19
1100	1	0,49	0,21	11	0,51	0,28

Tab. 3. 2

## 4.7 Příklad výpočtu

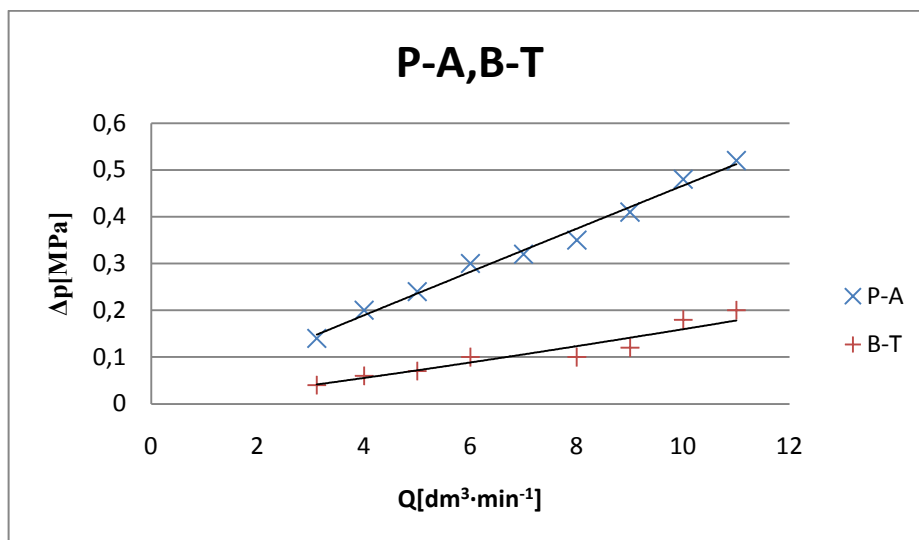
Tlakové ztráty  $\Delta p_{P-A}$ ,  $\Delta p_{B-T}$ ,  $\Delta p_{P-A} = p_1 - p_2$ ,  $\Delta p_{B-T} = p_2 - p_3 = 0,1 - 0,05 = 0,05$  MPa

Teplota oleje byla  $t_1 = 26$  °C a dosazuje se ve °C

Měrná hmotnost oleje při teplotě  $t_t = 26$ °C je  $\rho = 885$  kg · m<sup>-3</sup>

## 4.8 Grafy

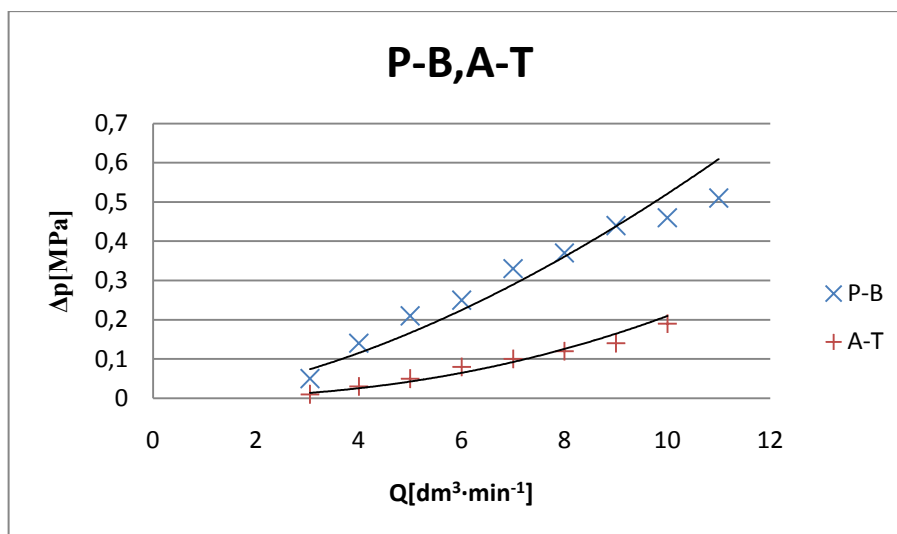
V Obr.3.4 jsou zobrazeny průběhy tlakové ztráty rozváděče mezi vstupy P - A, B - T



Obr. 3.4  $\Delta p - Q$  charakteristiky rozváděče,  $\Delta p_{P-A} = p_1 - p_2$ ,  $\Delta p_{B-T} = p_2 - p_3$ ,

Teplota pracovní kapaliny:  $t = 26^\circ\text{C}$

V Obr.3.5 jsou zobrazeny průběhy tlakové ztráty rozváděče mezi vstupy P - B, A - T



Obr. 3.5  $\Delta p - Q$  charakteristiky rozváděče,  $\Delta p_{P-B} = p_1 - p_2$ ,  $\Delta p_{A-T} = p_2 - p_3$ ,

Teplota pracovní kapaliny:  $t = 26^\circ\text{C}$

## 4.9 Závěr

Byly proměřeny tlakové ztráty  $\Delta p_{P-A}$ ,  $\Delta p_{B-T}$  šoupátkového rozváděče mezi vstupy P - A a B - T. Měření proběhlo v obou polohách rozváděče. Lze vidět, že při vyšším průtoku, dosahují tlakové ztráty vysokých hodnot. Tlakové ztráty rozváděčů v závislosti na průtoku mezi jeho jednotlivými vstupy udávají výrobci v katalogových listech. Tlak v obvodu byl nastavován pomocí pojistného ventilu.

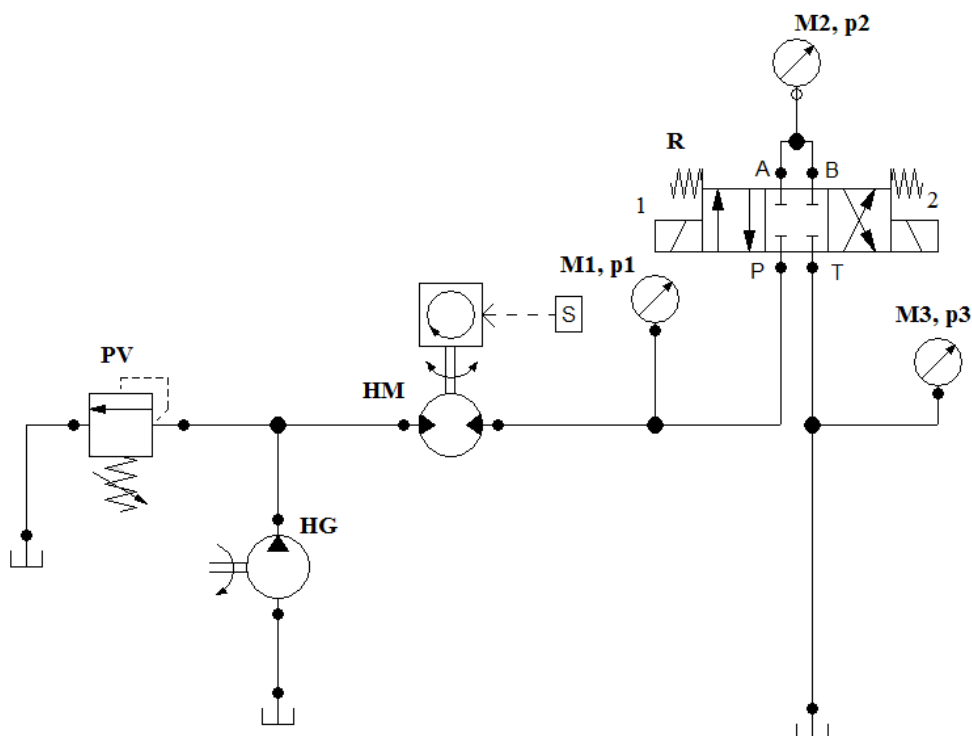
## 5. Tlakové ztráty na šoupátkovém rozváděči čtyřcestném, třípolohovém s uzavřeným středem

### 5.1 Zadání

Změřte  $\Delta p - Q$  charakteristiku el.mag. ovládaného rozváděče čtyřcestného, třípolohového s uzavřeným středem v hydraulickém obvodu pro směry průtoku P - A, T - B a P - B, T - A. Závislost  $\Delta p - Q$  vynesete do grafu.

### 5.2 Schéma obvodu

Schéma zapojení obvodu pro měření tlakových ztrát šoupátkového rozváděče čtyřcestného, třípolohového s uzavřeným středem je znázorněno na obr. 4.1



Obr. 4. 1 Schéma pro měření tlakové ztráty na rozváděči

- 1) Zapojil jsem obvod na praktikátoru od firmy Parker Hannifin podle schématu
- 2) Byl nastaven tlak v obvodu pro maximální hodnoty
- 3) Byly odečteny otáčky  $n$ , tlak na vstupu  $p_1$ , tlak za rozvaděčem  $p_2$  a tlak v odpadním potrubí  $p_3$  pro polohu rozváděče 1.
- 4) Snižovaly se otáčky podle vstupního tlaku a odečítaly jsme hodnoty tlaků a otáček (viz. Tab. 3.1, Tab. 3.2)
- 5) Poté jsme stejným způsobem změřili tlakové ztráty pro polohu rozváděče 2
- 6) Byly vypočteny tlakové spády  $\Delta p_{P-A}$ ,  $\Delta p_{B-T}$ ,  $\Delta p_{P-B}$  a  $\Delta p_{A-T}$  a sestrojen graf  $\Delta p = f(Q)$

Foto zapojení rozváděče čtyřcestným, třípolohovým s uzavřeným středem je znázorněn na obr 4.2



*Obr. 4. 2 Zapojení rozváděče na praktikátoru*

### **5.3 Specifikace prvků**

HG – Hydrogenerátor PGP511A0080AA1H2NE5EB1B1

M1, M2, M3 – Manometr PGF.1001.100

R – Rozváděč elektromagnetický D1VW001CNTW

PV – Pojistný ventil RDM2PT06KGV

HM – Hydromotor PGM511A0100BL6H2NE3E3B1B1N2

S - Snímač

## 5.4 Naměřené hodnoty

Vstupy:P-A,B-T						
n	p <sub>1</sub>	p <sub>2</sub>	p <sub>3</sub>	Q	Δp <sub>P-A</sub>	Δp <sub>B-T</sub>
[min <sup>-1</sup> ]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[dm <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> ]	[MPa]	[MPa]
303	0,24	0,07	0,02	3,03	0,17	0,05
400	0,29	0,1	0,03	4	0,19	0,07
500	0,39	0,19	0,08	5	0,2	0,11
600	0,45	0,22	0,1	6	0,23	0,12
700	0,59	0,3	0,15	7	0,29	0,15
800	0,7	0,37	0,18	8	0,33	0,19
900	0,79	0,43	0,19	9	0,36	0,24
1000	0,97	0,56	0,2	10	0,41	0,36
1100	1,09	0,61	0,21	11	0,48	0,4

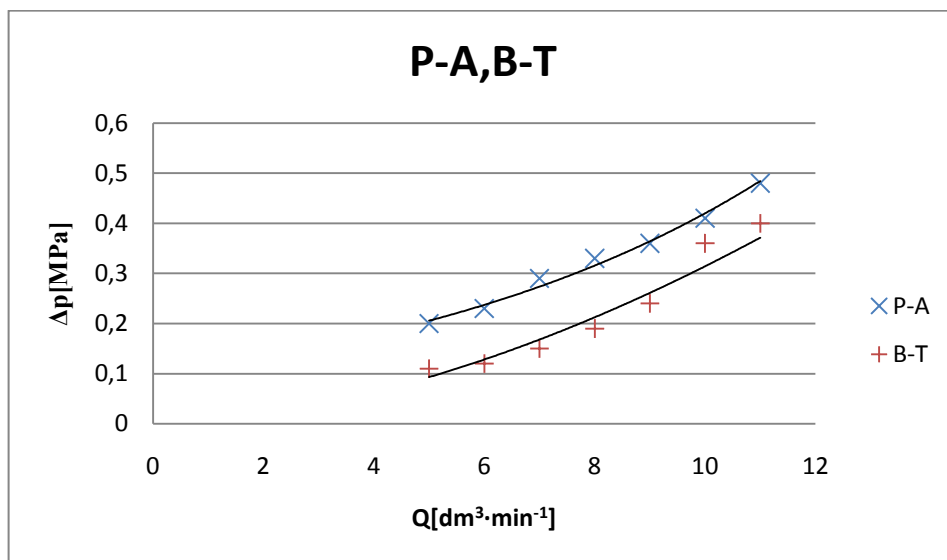
Tab 3. 1

Vstupy:P-B,A-T						
n	p <sub>1</sub>	p <sub>2</sub>	p <sub>3</sub>	Q	Δp <sub>P-B</sub>	Δp <sub>A-T</sub>
[min <sup>-1</sup> ]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[dm <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> ]	[MPa]	[MPa]
308	0,25	0,09	0,07	3,08	0,16	0,02
400	0,3	0,12	0,09	4	0,18	0,03
500	0,4	0,17	0,1	5	0,23	0,07
600	0,52	0,2	0,11	6	0,32	0,09
700	0,61	0,22	0,13	7	0,39	0,09
800	0,72	0,3	0,18	8	0,42	0,12
900	0,88	0,39	0,19	9	0,49	0,2
1000	0,99	0,43	0,21	10	0,56	0,22
1100	1,12	0,5	0,22	11	0,62	0,28

Tab 3. 2

## 5.5 Grafy

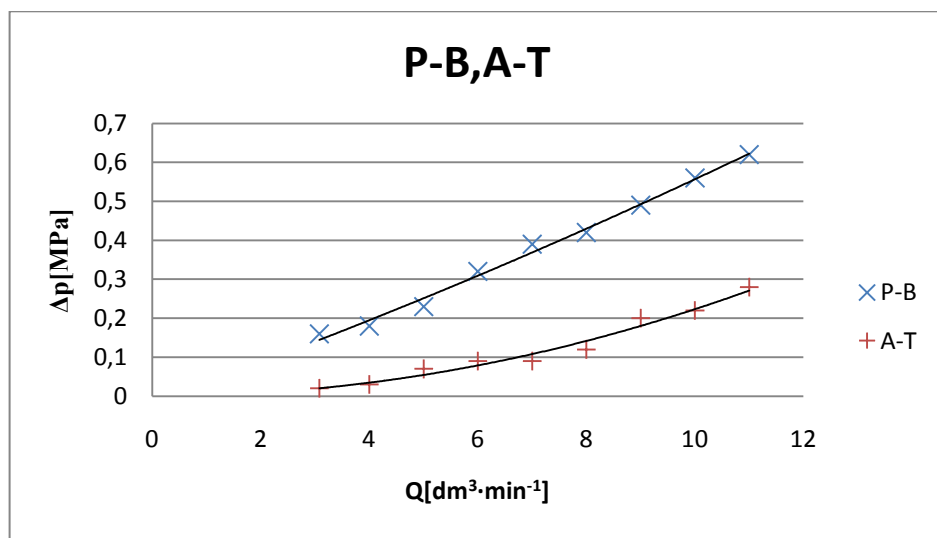
V Obr.4.3 jsou zobrazeny průběhy tlakové ztráty rozváděče mezi vstupy P - A, B - T



Obr. 4.3  $\Delta p - Q$  charakteristiky rozváděče,  $\Delta p_{P-A} = p_1 - p_2$ ,  $\Delta p_{B-T} = p_2 - p_3$ ,

Teplota pracovní kapaliny:  $t=26\text{ }^{\circ}\text{C}$

V Obr.4.4 jsou zobrazeny průběhy tlakové ztráty rozváděče mezi vstupy P - B, A - T



Obr. 4.4  $\Delta p - Q$  charakteristiky rozváděče,  $\Delta p_{P-B} = p_1 - p_2$ ,  $\Delta p_{A-T} = p_2 - p_3$ ,

Teplota pracovní kapaliny:  $t=26\text{ }^{\circ}\text{C}$

## 5.6 Závěr

V této úloze byly proměřeny tlakové ztráty v elektromagneticky ovládaném rozváděči čtyřcestném, třípolohovém s uzavřeným středem v závislosti na průtoku. Z grafu je patrné, že tlaková ztráta v závislosti na průtoku vzrůstá. Byly proměřeny tlakové ztráty  $\Delta p_{P-A}$ ,  $\Delta p_{B-T}$  šoupátkového rozváděče mezi vstupy P – A a B – T. Tlakové ztráty rozváděčů v závislosti na průtoku mezi jeho jednotlivými vstupy udávají výrobci v katalogových listech.

## **6. Návod do cvičení pro měření statických charakteristik**

### **škrticího ventilu s dvoucestnou tlakovou vahou.**

Škrticí ventil slouží k řízení rychlosti u přímočarých hydromotorů pohybu pístnice a u rotačních hydromotorů k řízení otáček. Pracuje na principu změny průtočného průřezu mezi sedlem ventilu a tzv. jehlou (kuželkou). Uzavírání má za následek snižování průtoku a tím i rychlosti pohybu hydromotoru až do úplného zastavení při sériovém zapojení škrticího ventilu.[9]

V měření jsou proměřeny průtokové charakteristiky  $Q = f(\Delta p)$  což je závislost průtoku  $Q$ , který prochází škrticím ventilem, na tlakovém spádu na škrticím ventilu  $\Delta p$

### **6.1 Zadání**

Změřte průtokové charakteristiky  $Q = f(\Delta p)$  škrticího ventilu s dvoucestnou tlakovou vahou. Měření proveďte pro tři nastavení ventilu (2, 4 a 6 dílků, z celkových 10-ti dílků).

### **6.2 Popis funkce obvodu**

Zdrojem tlakové energie je hydrogenerátor HG, který je umístěn vedle nádrže a je poháněn elektromotorem. Kapalina je vytlačována přes jednosměrný ventil JV do hadice H1. Tam je odečtena hodnota tlaku z manometru M1. Poté kapalina proudí přes škrticí ventil ŠV, který je nastaven na určitou hodnotu škrcení regulačního šroubu ventilu. Za škrticím ventilem ŠV je opět odečten tlak z manometru M2 a kapalina se dostává přes hadici H2 do hydromotoru HM, kde jsou odečteny otáčky  $n$ . Poté se kapalina vrací do nádrže N. Obvod je chráněn proti přetížení pojistným ventilem PV. Hydraulický obvod je zobrazen na obr. 5.2. Schéma daného obvodu je zobrazeno na obr. 5.1.

### **6.3 Specifikace prvků**

HG – hydrogenerátor PGP511A0080AA1H2NE5EB1B1

PV – pojistný ventil RDM2PT06KGV

M1, M2 – manometr PGF.1001.100

ŠV – škrticí ventil se stabilizací tlakového spádu GFG2PK18-10

HM – hydromotor PGM511A0100BL6H2NE3E3B1B1N2

JV – jednosměrný ventil KH18LCFX

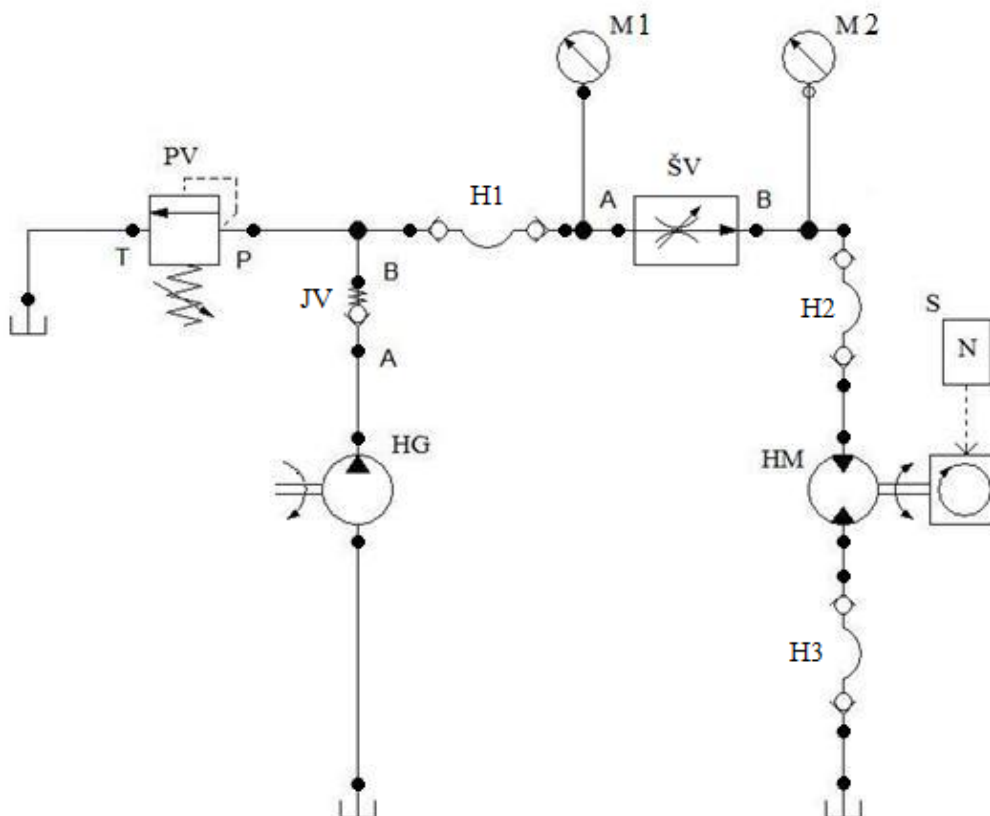
S – snímač otáček

H1, H2, H3 - hadice



## 6.4 Schéma měření škrticího ventilu s dvoucestnou tlakovou váhou

Schéma zapojení obvodu pro měření tlakových ztrát škrticího ventilu s dvoucestnou tlakovou vahou je znázorněno na obr. 5.1



Obr. 5. 1 Schéma pro měření tlakové ztráty na škrticím ventilu s dvoucestnou tlakovou vahou

## 6.5 Postup měření

- 1) Byl zapojen obvod dle schématu, pojistný ventil PV byl nastaven na minimum, na škrticím ventilu ŠV byly nastaveny 2 dílky (celkový počet dílků je 10) a byl zapnut hydrogenerátor HG.
- 2) Z manometru MA byl odečten tlak a z displeje ovládací skříně byly odečteny otáčky n nezátíženého hydromotoru HM. Hodnoty byly zapsány do tabulky.
- 3) Pomocí PV byl nastaven vyšší tlak (krok volíme po 2 barech) a pro každou hodnotu tlaku byly zjištěny otáčky.
- 4) Měření se opakovalo stejně pro další dvě nastavení ventilu (4 a 6 dílky).

Foto zapojení na praktikátoru je na obr 5.2



Obr. 5. 2 Zapojení škrticího ventilu s dvoucestnou tlakovou vahou na praktikátoru

## 6.6 Zpracování naměřených hodnot

Aby bylo možné sestavit  $\Delta p - Q$  charakteristiku je nutné znát tlakový spád na škrticím ventilu. Ten získáme odečtení hodnoty tlaku na manometru M1 od hodnoty tlaku na manometru M2. Dále je nutné znát průtok, ten byl vypočten pomocí vzorce:  $Q = V_g \cdot n \text{ [dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}\text{]}$ , kde  $V_g = 10 \text{ cm}^3$ , otáčky byly odečteny z měření.

(Pozn. Průtoková účinnost nezatíženého hydromotoru je přibližně rovna 1).

## 6.7 Výpočet objemového průtoku

$$V_g = 10 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3$$

$$Q = V_g \cdot n \text{ [dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}\text{]}$$

## 6.8 Tabulka pro otevření 6 dílků

6 dílků

$\Delta p$	n	Q
[MPa]	[min <sup>-1</sup> ]	[dm <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> ]
0,8	493	4,93

$\Delta p$  ... tlakový spád na škrticím ventilu ŠV (změřeno)

n ... otáčky na hydromotoru HM (změřeno)

Q ... objemový průtok škrticím ventilem ŠV (vypočteno)

## 6.9 Příklad výpočtu pro měření 3.

$$V_g = 10 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3$$

$$Q = V_g \cdot n = 10 \cdot 10^{-3} = 0,82 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$$

## 6.10 Tabulka naměřených a vypočtených hodnot pro otevření

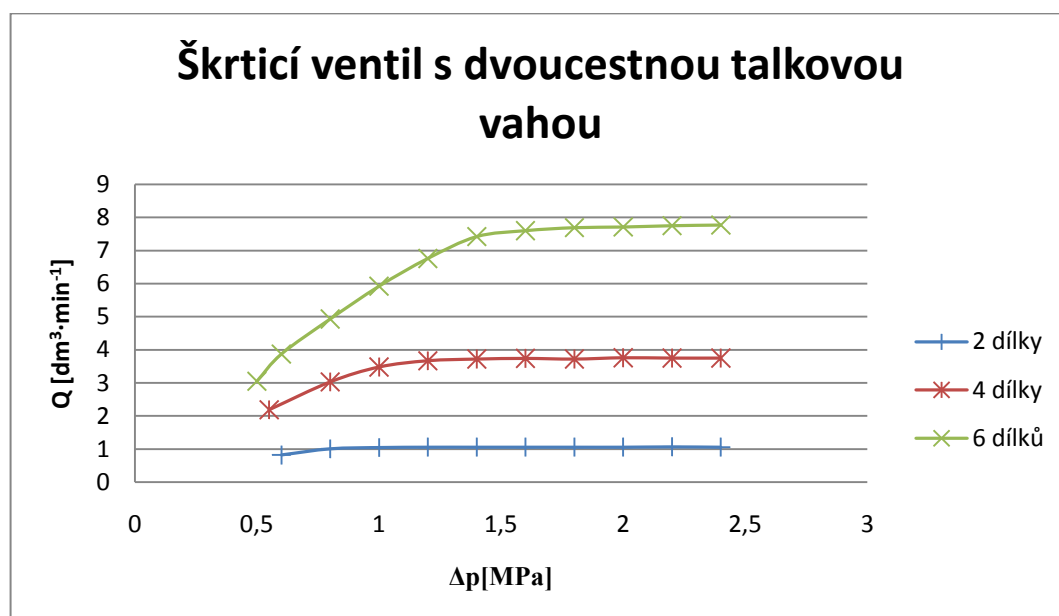
Otevření ventilu pro 2 dílky:

$\Delta p$	n	Q
[MPa]	[min <sup>-1</sup> ]	[dm <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> ]

Otevření ventilu pro 4 dílky:

$\Delta p$	n	Q
[MPa]	[min <sup>-1</sup> ]	[dm <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> ]

### 6.11 Průtokové charakteristiky $Q = f(\Delta p)$ škrticího ventilu s dvoucestnou tlakovou vahou



Obr. 5.3 Škrticí ventil s dvoucestnou tlakovou vahou

Teplota pracovní kapaliny:  $t=26\text{ }^{\circ}\text{C}$

### 6.12 Závěr

Byly provedeny výpočty a grafy z měření  $\Delta p$ -Q charakteristiky. Z grafu lze vidět, že při měření škrticího ventilu s dvoucestnou tlakovou vahou nezávisí průtok na tlakovém spádu. Ustálená hodnota závisí na nastavení počtu dílků na škrticím ventilu.

## **7. Návod do cvičení pro měření statických charakteristik tlakově závislého škrticího ventilu**

Škrticí ventil slouží k řízení rychlosti u přímočarých hydromotorů pohybu pístnice a u rotačních hydromotorů k řízení otáček. Pracuje na principu změny průtočného průřezu mezi sedlem ventilu a tzv. jehlou (kuželkou). Uzavírání má za následek snižování průtoku a tím i rychlosti pohybu hydromotoru až do úplného zastavení při sériovém zapojení škrticího ventilu.[9]

V měření jsou proměřeny průtokové charakteristiky  $Q=f(\Delta p)$  což je závislost průtoku  $Q$ , který prochází škrticím ventilem, na tlakovém spádu na škrticím ventilu  $\Delta p$

### **7.1 Zadání**

Změřte průtokové charakteristiky  $Q=f(\Delta p)$  tlakově závislého škrticího ventilu. Provedte měření charakteristiky pro ventil nastavený na 3 různé druhy škrcení.

### **7.2 Popis funkce obvodu**

Zdrojem tlakové energie je hydrogenerátor HG, který je umístěn vedle nádrže a je poháněn elektromotorem. Kapalina je vytlačována přes jednosměrný ventil JV do hadice H1. Tam je odečtena hodnota tlaku z manometru M1. Poté kapalina proudí přes škrticí ventil ŠV, který je nastaven na určitou hodnotu škrcení. Za škrticím ventilem ŠV je opět odečten tlak z manometru M2 a kapalina se dostává přes hadici H2 do hydromotoru HM, kde jsou odečteny otáčky  $n$ . Poté se kapalina vrací do nádrže N. Obvod je chráněn proti přetížení pojistným ventilem PV. Hydraulický obvod je zobrazen na obr. 1.2. Schéma daného obvodu je zobrazeno na obr. 1.1.

### **7.3 Specifikace prvků**

HG – hydrogenerátor PGP511A0080AA1H2NE5EB1B1

PV – pojistný ventil RDM2PT06KGV

M1, M2 – manometr PGF.1001.100

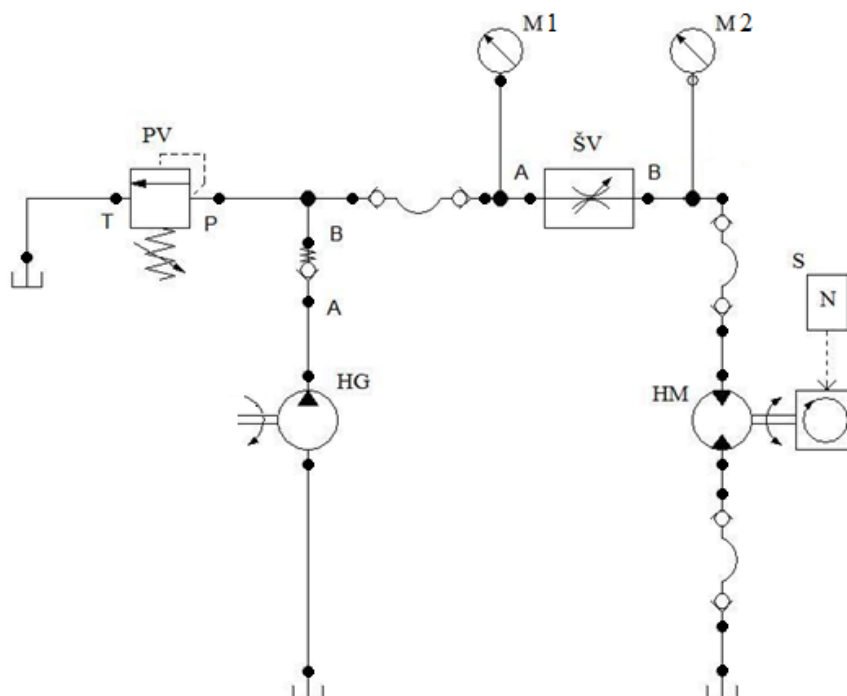
ŠV – škrticí ventil tlakově závislý 9MV400SV

HM – hydromotor PGM511A0100BL6H2NE3E3B1B1N2

S – snímač otáček

## 7.4 Schéma měření tlakově závislého škrticího ventilu

Schéma zapojení obvodu pro měření tlakových ztrát tlakově závislého škrticího ventilu je znázorněno na obr. 5.1



Obr. 6.1 Schéma pro měření tlakové ztráty na tlakově závislém škrticím ventilu

Foto zapojení tlakově závislého škrticího ventilu na praktikátoru je na obr. 5.5



Obr. 6.2 Zapojení tlakově závislého škrticího ventilu na praktikátoru

## 7.5 Postup měření

- 1) Byl zapojen obvod dle schématu, pojistný ventil PV byl nastaven na minimum, na škrticím ventilu ŠV bylo nastaveno škrcení.
- 2) Z manometru MA byl odečten tlak a z displeje ovládací skříně byly odečteny otáčky n nezatíženého hydromotoru HM. Hodnoty byly zapsány do tabulky.
- 3) Pomocí PV byl nastaven vyšší tlak (krok volíme po 2 barech) a pro každou hodnotu tlaku byly zjištěny otáčky.
- 4) Měření se opakovalo stejně pro další dvě škrcení regulačního šroubu ventilu

## 7.6 Zpracování naměřených hodnot

Aby bylo možné sestavit  $\Delta p - Q$  charakteristiku je nutné znát tlakový spád na škrticím ventilu. Ten získáme odečtení hodnoty tlaku na manometru M1 od hodnoty tlaku na manometru M2. Dále je nutné znát průtok, ten byl vypočten pomocí vzorce:  $Q = V_g \cdot n [dm^3 \cdot min^{-1}]$ , kde  $V_g = 10 \text{ cm}^3$ , otáčky byly odečteny z měření.

(Pozn. Průtoková účinnost nezatíženého hydromotoru je přibližně rovna 1).

## 7.7 Výpočet objemového průtoku

$$V_g = 10 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3$$

$$Q = V_g \cdot n [dm^3 \cdot min^{-1}]$$

## 7.8 Tabulka pro škrticí ventil

$p_1$  ... tlak na manometru M1 před škrticím ventilem ŠV (změřeno)

$p_2$  ... tlak na manometru M2 za škrticím ventilem ŠV (změřeno)

$\Delta p$  ... tlakový spád na škrticím ventilu ŠV (vypočteno)

$n$  ... Otáčky na hydromotoru HM (změřeno)

$Q$  ... průtok škrticím ventilem ŠV (vypočteno)

3 druhy nastavení škrticího průřezu:

$p_1$	$p_2$	$\Delta p$	$n$	$Q$
[MPa]	[MPa]	[MPa]	[min <sup>-1</sup> ]	[dm <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> ]
1	0,7	0,3	549	5,49

$p_1$	$p_2$	$\Delta p$	$n$	$Q$
[MPa]	[MPa]	[MPa]	[min <sup>-1</sup> ]	[dm <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> ]

$p_1$	$p_2$	$\Delta p$	$n$	$Q$
[MPa]	[MPa]	[MPa]	[min <sup>-1</sup> ]	[dm <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> ]

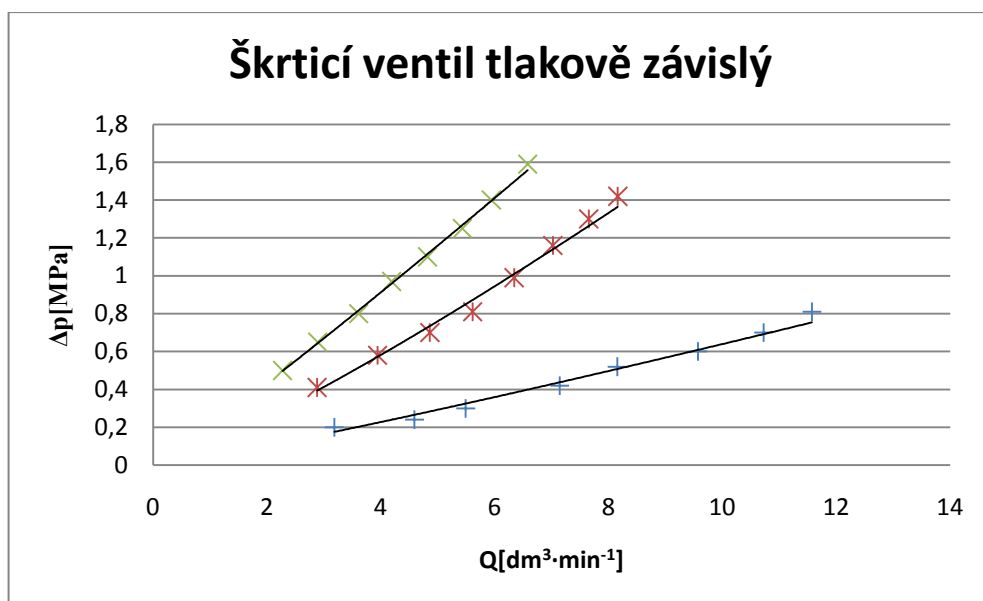
## 7.9 Příklad výpočtu pro měření č. 3

$$\Delta p = p_1 - p_2 = 1 - 0,7 = 0,3 \text{ MPa}$$

$$Q = V_g \cdot n = 0,01 \cdot 549 = 5,49 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$$



### 7.10 Průtoková charakteristika $Q = f(\Delta p)$ škrticího ventilu tlakově závislého



Obr. 6.3 Škrticí ventil tlakově závislý

Teplota pracovní kapaliny:  $t=26\text{ }^{\circ}\text{C}$

### 7.11 Závěr

Byly proměřeny průtokové charakteristiky tlakově závislého škrticího ventilu. Z obr. 5.6 lze vidět nárůst průtoku se zvětšujícím se tlakovým spádem při konstantním otevření ventilu. Závislost mezi průtokem a tlakovým spádem je nelineární (mocninná).

## **Závěr**

Úvodem byl popsán praktikátor od firmy Parker Hannifin pro procvičování základních úloh hydraulických obvodů. Hydraulické prvky jsou propojovány hadicemi. Záměrem práce bylo proměřit statické  $\Delta p - Q$  charakteristiky, tj. závislost tlakovém spádu na průtoku vybraných prvků na standu.

V první úloze byly proměřeny statické  $Q - \Delta p$  charakteristiky škrticího ventilu s dvoucestnou tlakovou vahou. Proměřená  $Q - \Delta p$  charakteristika je na obr. 1.3. Průtok pracovní oblasti je konstantní to je od hodnoty 1,5 MPa. Při poklesu pod tuto hodnotu se začne průtok snižovat. Záleží zde i na nastavení dílků na škrticím ventilu. Maximální počet dílků je roven 10. Měření jsem realizoval pro 2, 4 a 6 dílků.

Poté byl do obvodu zapojen na místo škrticího ventilu s dvoucestnou tlakovou vahou škrticí ventil tlakově závislý. Průběh naměřených závislostí tlakového spádu  $\Delta p$  na průtoku  $Q$  je na obr. 2.3. Průtok závisí na nastavení průtočného průřezu ventilu. Při daném nastavení průtok s rostoucím tlakovým spádem na ventilu nelineárně vzrůstá.

Dále byly změřeny tlakové ztráty na šoupátkovém rozváděči čtyřcestném, třípolohovém ovládaném ručně s otevřeným středem. Byly proměřeny tlakové ztráty mezi vstupy P – A a B – T. Měření po té proběhlo i v druhé poloze, což je mezi vstupy P – B a A – T. Vše bylo zaneseno do přehledných grafů na obr. 3.4 a na obr. 3.5. Dospěl jsem k závěru, že při vyšším průtoku dosahují tlakové ztráty vysokých hodnot. Tlakové ztráty mezi vstupy na rozváděči udávají výrobci v katalogových listech. Tlak v obvodu byl nastavován na pojistném ventilu. Měření bylo provedeno při viskozitě kapaliny  $64 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ . Jedná se o olej ISO VG 32.

Dále byly změřeny tlakové ztráty na šoupátkovém rozváděči čtyřcestném, třípolohovém ovládaném elektromagneticky s uzavřeným středem, který je na obr. 3.2. Z porovnání obr. 3.4 a obr. 4.3 lze vidět, že u šoupátkového rozváděče čtyřcestného, třípolohového ovládaného elektromagneticky s uzavřeným středem vznikají nižší tlakové ztráty než na šoupátkovém rozváděči čtyřcestném, třípolohovém ovládaném ručně s otevřeným středem.

Na závěr jsem vytvořil návod do cvičení pro měření statických charakteristik škrticího ventilu se stabilizací a škrticího ventilu tlakově závislého.

## Literatura

- [1] HRUŽÍK, L. *Experimentální úlohy v tekutinových mechanizmech*. VŠB-TU Ostrava : Ostrava, 2008. 63 s.
- [2] [Www.338.vsb.cz](http://www.338.vsb.cz) [online]. 2008 [cit. 2011-05-18]. [Http://www.338.vsb.cz/studium9.htm](http://www.338.vsb.cz/studium9.htm). Dostupné z WWW: <<http://www.338.vsb.cz/studium9.htm>>.
- [3] WILL, D.; GEBHARDT, N. *Hydraulik Grundlagen, Komponenten, Schaltungen*. 4. vyd. Springer : Berlin - Heidelberg - New York, 2008. 450 s. ISBN 978-3-540-79534-6.
- [4] KOPÁČEK, J. *Technická diagnostika hydraulických mechanismů*. Praha : SNTL, 1990. 159 s. ISBN 80-03-00308-3.
- [5] PAVLOK, B. *Hydraulické prvky a systémy*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2008. 150 s. ISBN 978-80-248-1827-6.
- [6] HRUŽÍK, L. *Inovace laboratorních úloh předmětu Tekutinové mechanismy. Závěrečná zpráva o řešení projektu č. 1724/2009*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2009. 19 s.
- [7] CORPORATION, Parker hannifin. *Základy hydrauliky. Manuál ke standu Parker*. české vydání : Bulletin, 2009. 45 s.
- [8] PAVLOK, B.; SIVÁK, V. *Provoz a údržba hydraulických mechanismů*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 1989. 93 s.
- [9] PAVLOK, B.; KOPÁČEK, J. *Tekutinové mechanismy*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2005. 151 s. ISBN 80-248-0586-0.
- [10] ŠTÁVA, P.; PAVLOK, B. *Mazací technika*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2006. 72 s. ISBN 80-248-1000-X.
- [11] PAVLOK, B.; HRUŽÍK, L., et al'. *Hydraulická zařízení strojů*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2007. 116 s.
- [12] PAVLOK, B.; HRUŽÍK, L., et al'. *Hydraulika a pneumatika*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2007. 93 s.
- [13] DVOŘÁK, L. *Vlastnosti tekutin*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2010. 62 s.
- [14] JANALÍK, J. *Viskozita tekutin a její měření*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2010. 65 s.
- [15] *Parker.com* [online]. 2011 [cit. 2011-05-18]. [Http://www.parker.com/portal/site/PARKER/menuitem.734d2913eb3c11da13576f849420d1ca/?vgnnextoid=d195f87357e28110VgnVCM10000048021dacRCRD&vgnnextfmt=EN&lit=Catalogs&ky=04c4a0a86f91d110VgnVCM10000032a71dacRCRD&kyEN=MOTORS&iden=&stpoint=K&fromSource=&fromId=](http://www.parker.com/portal/site/PARKER/menuitem.734d2913eb3c11da13576f849420d1ca/?vgnnextoid=d195f87357e28110VgnVCM10000048021dacRCRD&vgnnextfmt=EN&lit=Catalogs&ky=04c4a0a86f91d110VgnVCM10000032a71dacRCRD&kyEN=MOTORS&iden=&stpoint=K&fromSource=&fromId=). Dostupné z WWW: <[parker.com](http://www.parker.com)>.